

5. Alim A., Nguyen N. P., Dinh T.N. , Thai M.T. Structural vulnerability analysis of overlapping communities in complex networks. IEEE/WIC/ACM Int. Joint Conf. on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technologies (IAT). 2014.- P.5-12.
6. Смолян Г. Л. Рефлексивное управление — технология принятия манипулятивных решений// Труды ИСА РАН. Том 63. № 2, 2013. [Электронный документ] URL: <http://gtmarket.ru/library/articles/7309>
7. Xie J., Sreenivasan S., Korniss G. , Zhang W., Lim C., Szymanski B. K. Social consensus through the influence of committed minorities . Phys. Rev. 2011. – Vol. E 84, 011130 – 9 p.
8. Hu H. Competing opinion diffusion on social networks//R. Soc.Open Sci. -2017 . – No. 4.- 171160. – 13 p. [Электронный документ] URL: <http://rsos.royalsocietypublishing.org/content/royopensci/4/11/171160.full.pdf>
9. Челышева И.В. Социальные сети в жизни современных школьников// Медиаобразование.-2014 .- № 2.- С. 121-126.
10. Capurro R. Ethics and robotics. In R. Capurro & M. Nagenborg (Eds.), Ethics and robotics.- 2009. - P.117–123.

### КОГНИТИВНАЯ ГРАФИКА В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

*И.А. Осадчая<sup>1</sup>, О.В. Марухина<sup>1,2</sup>, К.А. Шаропин<sup>3</sup>, Е.В. Берестнева<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Томский политехнический университет*

<sup>2</sup>*Томский государственный университет*

<sup>3</sup>*Московский гуманитарно-экономический университет*

*E-mail: Marukhina@tpu.ru; kashar@mail.ru; berestneva@tpu.ru*

### COGNITIVE GRAPHICS IN SCIENTIFIC RESEARCH

*Irina A. Osadchaya<sup>1</sup>, Olga V. Marukhina<sup>1,2</sup>, Konstantin A. Sharopin<sup>3</sup>, Elena V. Berestneva<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Tomsk Polytechnic University*

<sup>2</sup>*Tomsk State University*

<sup>3</sup>*Moscow Humanitarian Economic University*

*E-mail: Marukhina@tpu.ru, kashar@mail.ru, berestneva@tpu.ru*

**Abstract.** The aim of the research is to apply methods of structural analysis of multidimensional data using different approaches to visualizing the results of experimental studies. To solve applied problems, the authors used NovoSparkVisualizer (demo) system

**Key words:** Imaging, cognitive graphics, cluster analysis spectral representation.

Стремление человека выразить мысль, передать идею в форме графического изображения можно отметить еще с самых ранних времен. Применение графики в исследовательских работах не только увеличивает скорость передачи информации и повышает уровень ее понимания, но и способствует развитию таких важных для специалиста любой отрасли качеств, как интуиция, образное мышление.

Воздействие интерактивной компьютерной графики (ИКГ) привело к возникновению нового направления в проблематике искусственного интеллекта, названного когнитивной (т.е. способствующей познанию) компьютерной графикой. Этот термин был введен в российской науке А.А. Зенкиным в 90-х гг. прошлого столетия Когнитивная графика – это совокупность приемов и методов образного представления условий задачи, которое позволяет либо сразу увидеть решение, либо получить подсказку для его нахождения [1]. Впоследствии было осознано, что графические образы могут активизировать ассоциативную логику подсознательных процессов мышления человеческого мозга, что позволяет с помощью когнитивной графики быстро находить оригинальные и зачастую неожиданные решения [2].

Использование когнитивной графики дает возможность пользователю, не анализируя большого количества информации сделать определенные выводы. Информация может быть представлена когнитивным образом: сектором, гистограммой, крестом, кругом и т.д., части, которых закрашены разными цветами и несут определенный смысл [3]. Отдельное направление когнитивная графика образует в слабоструктурированных проблемных областях, таких как социально-психологическая и медицинская. Визуализация текущего состояния и характерных особенностей позволяет обеспечить непрерывный контроль над состоянием групп лиц, либо отдельного человека.

Целью работы являлось стремление визуализировать образы, представленные численными данными, и показать возможность выявления отношений между ними на основе наблюдений за совокупностью полученных образов.

В [4, 5] приведен обзор и классификация основных методов анализа структуры многомерных данных:

- 1) визуализация данных: линейные методы снижения размерности, нелинейные отображения, многомерное шкалирование, заполняющие пространство кривые;
- 2) автоматическое группирование: факторный и кластерный анализ объектов и признаков, иерархическое группирование, определение «точек сгущения».

В основу приведенной классификации положен признак, отображающий степень участия экспериментатора в выделении особенностей взаимоотношений между исследуемыми объектами и признаками. Применение методов визуализации данных нацелено на поиск наиболее выразительных изображений совокупности исследуемых объектов для последующего максимального задействования потенциала зрительного анализатора экспериментатора.

Компьютерная обработка данных предполагает некоторое математическое преобразование данных с помощью определенных программных средств. Для этого необходимо иметь представление как о математических методах обработки данных, так и о соответствующих программных средствах [5].

Методы визуализации позволяют исследователю одним взглядом обнаружить особенности, выявить закономерности и аномалии в больших объемах информации. Основной задачей визуализации данных является задача получения визуального образа, однозначно соответствующего набору данных [6]. Основой визуализационного подхода [7-9] является линейное преобразование значений многомерного наблюдения  $A$  в двумерную кривую  $f_A(t)$ , т.е.  $A \leftrightarrow f_A(t)$ , при этом гарантируется, что близким по значениям наблюдениям  $A$  и  $B$  будут соответствовать визуально близкие образы-кривые  $f_A(t)$  и  $f_B(t)$ ; для сильно различающихся по значениям наблюдений их образы-кривые будут заметно отличаться.

В рассматриваемом случае наиболее общей формой представления данных является вектор конечномерного пространства  $R_n$

$$A = (a_0, a_1, a_2, \dots, a_{n-1}) \in R_n. \quad (1)$$

Для перехода от данного вектора к визуальному образу будет использоваться базис ортонормированных функций  $\{\varphi_i(\tau)\}_{i=0}^{\infty}$ . В качестве такого базиса можно использовать известные функции, в частности ортонормированные полиномы Лежандра на отрезке  $[0,1]$ , множество которых мы обозначим через  $\{l_i(\tau)\}_{i=0}^{\infty}$ .

Полиномы Лежандра  $l_n(x)$  – многочлены ортогональные на отрезке  $[-1,1]$ , находятся по формуле:

$$l_n(x) = \frac{1}{2^n \cdot n!} \cdot \frac{d^n}{dx^n} \cdot (x^2 - 1)^n. \quad (2)$$

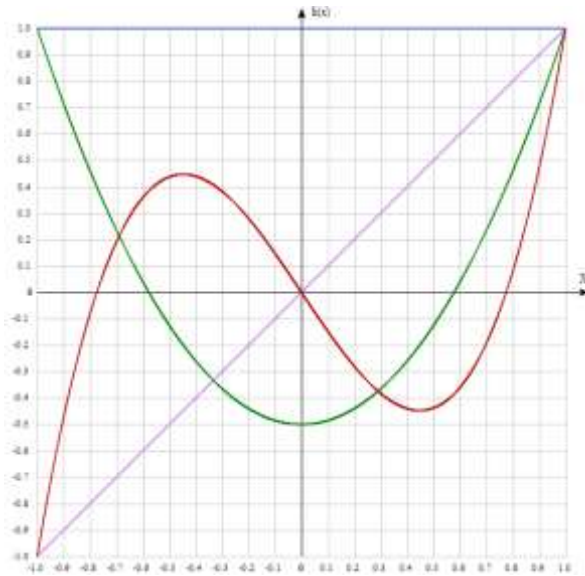


Рис.1. Полиномы Лежандра

В таком случае точке с координатами  $A = (a_0, a_1, a_2, \dots, a_{n-1})$  можно поставить в соответствие функцию [9]:

$$F_A(\tau) = \sum_{i=0}^{n-1} a_i l_i(\tau). \quad (3)$$

Формирование вектора  $A$  связано с преобразованием данных. Для характеристики наблюдаемого многомерного объекта большую роль играют значения его координат. В большинстве случаев каждый показатель имеет свою единицу измерения, и его значение будет влиять на вид функции  $F_A(\tau)$ . Для того чтобы исключить влияние разноименности показателей на вид функции  $F_A(\tau)$ , необходимо перейти к безразмерным единицам одним из известных способов. Следует отметить, что порядок включения показателей в вектор  $A$ , также будет влиять на вид функции  $F_A(\tau)$ . Разница между формулами (1) и (3) заключается в том, что для вектора  $A$  из (1) возможно только аналитическое представление, в то время как для функции  $F_A(\tau)$  возможно представление в виде графика этой функции. Между (1) и (3) устанавливается однозначная связь в обе стороны, т. е. взаимно-однозначная связь. Если ввести в рассмотрение второй вектор  $B = (b_0, b_1, b_2, \dots, b_{n-1}) \in R_n$ , то ему ставится в соответствие функция  $F_B(\tau) = \sum_{i=0}^{n-1} b_i l_i(\tau)$ .

Представленный подход реализован в пакете *NovoSpark Visualizer* [9], на базе которого авторами был успешно решен ряд прикладных задач анализа и интерпретации многомерных данных в социальной сфере и медицине [10, 11].

Представление многомерного наблюдения в виде двумерного образа (кривой) гарантирует, что объектам, близким по значениям их характеристик будут соответствовать визуально близкие образы-кривые; для сильно различающихся – их образы-кривые будут заметно отличаться. Становится возможным автоматически классифицировать наблюдения, определять наиболее важные переменные в модели, производить кластеризацию данных, визуально сравнивать индивидуальные наблюдения и целые наборы данных, а также выполнять много других задач в работе с многомерными данными.

**Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-07-00543**

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика/ Под ред. Д.А. Пospelova. – М.: Наука, 1991. – 187 с.
2. Массель Л.В., Массель А.Г., Иванов Р.А. Когнитивная графика и семантическое моделирование для геопространственных решений в энергетике. Материалы Международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС». 2015;1(21):496-503. DOI:10.24057/2414-9179-2015-1-21-496-503
3. Берестнева О.Г., Осадчая И.А., Немеров Е.В.. Методы исследования структуры медицинских данных // Вестник науки Сибири. 2012. № 1 (2) – с. 333-338.
4. Берестнева О.Г., Муратова Е.А., Уразаев А.М. Компьютерный анализ данных. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 204 с.
5. Дюк В., Эмануэль В. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях. – СПб.: Питер, 2003. – 528 с.
6. Шаропин К.А., Берестнева О.Г., Шкатова Г.И. Визуализация результатов экспериментальных исследований // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 316. – № 5. – С. 172–176.
7. Берестнева О.Г., Пеккер Я.С., Шаропин К.А., Воловоденко В.А. Выявление скрытых закономерностей в медицинских и социально-психологических исследованиях // Аппликативные вычислительные системы: Труды 2-й Междунар. конф. по аппликативным вычислительным системам. – г. Москва, 29–31 октября 2010. – Москва: Институт Актуального образования «ЮрИнфоР-МГУ», 2010. – С. 287–296.
8. Шаропин К.А., Берестнева О.Г., Воловоденко В.А., Марухина О.В. Визуализация медицинских данных на базе пакета NovoSpark // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2010. – Т. 109. – № 8. – С. 242–249.
9. Воловоденко В.А., Эйдензон Д.В. Визуализация и анализ многомерных данных с использованием пакета «NovoSparkVisualizer» // [www.novospark.com](http://www.novospark.com). 2008. URL: <http://www.tsu.ru/storage/iro/k020410/s4/s4.doc> (дата обращения: 25.11.2011).
10. Марухина О.В., Берестнева О.Г., Шаропин К.А., Осадчая И.А. Когнитивная графика в социально-психологических исследованиях // Информационные и математические технологии в науке и управлении: Труды XVI Байкальской Всерос. конф. «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Часть 3. – Иркутск, 2011. – С. 176–181.
11. Марухина О.В., Берестнева О.Г. Анализ и обработка информации в задачах оценивания качества обучения студентов ВУЗА//Известия Томского политехнического университета. 2004. –Т. 307. – № 4. – С. 136-141.

## ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЗДОРОВЬЯ

*Л.А. Петрова<sup>1</sup>, К.А. Шаропин<sup>2</sup>, Р.О.Прокопьев<sup>3</sup>, Т.Г. Маклакова<sup>3</sup>, Е.В. Берестнева<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Государственный гуманитарно-технологический университет, Орехово-Зуево*

<sup>2</sup>*Московский гуманитарно-экономический университет*

<sup>3</sup>*Томский политехнический университет*

## THE PROBLEM OF ASSESSING THE QUALITY OF HEALTH

*L. A. Petrova<sup>1</sup>, K. A. Sarapin<sup>2</sup>, R. O. Prokopiev<sup>3</sup>, Maclakova T. G.<sup>3</sup>, E. V. Berestneva<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*state University of Humanities and technology, Orekhovo-Zuyevo*

<sup>2</sup>*Moscow University of Humanities and Economics*

<sup>3</sup>*Tomsk Polytechnic University*

**Annotation.** This article analyzes the concept of "health" and the problem of assessing the quality of health

**Key words:** health, healthy lifestyle, health quality assessment.